



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 197 32 250 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**H 01 L 21/283**  
H 01 L 21/3205  
C 23 F 4/00

②

②1 Aktenzeichen: 197 32 250.6  
②2 Anmeldetag: 26. 7. 97  
④3 Offenlegungstag: 28. 1. 99

DE 197 32 250 A 1

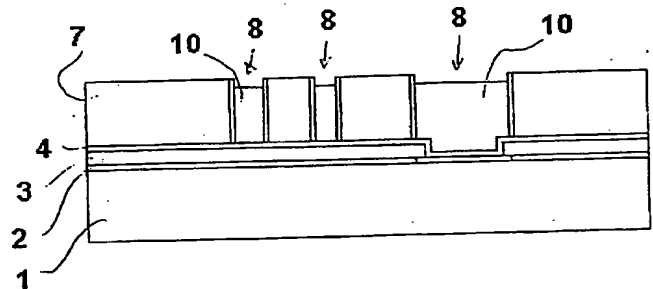
⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Heyers, Klaus, Dr., 72766 Reutlingen, DE; Elsner,  
Bernhard, 70806 Kornwestheim, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen

⑤7 Es wird ein Verfahren zur Herstellung von metallischen Mikrostrukturen (10) vorgeschlagen, indem Gräben (8) in eine Polymerschicht (7) eingebracht werden. Diese Gräben (8) werden durch einen galvanischen Prozeß mit den metallischen Mikrostrukturen (10) aufgefüllt. Vor dem Abscheiden der metallischen Mikrostrukturen (10) werden die Seitenwände der Gräben (8) mit Isolationsschichten (9) bedeckt, die nach dem Entfernen der Polymerschicht (7) an den metallischen Mikrostrukturen (10) haften.



DE 197 32 250 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen nach der Gattung des unabhängigen Patentanspruchs. Es sind bereits Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen bekannt, bei dem in einer Polymerschicht Gräben eingebracht werden. Durch galvanische Abscheidung werden die Gräben dann mit den metallischen Mikrostrukturen aufgefüllt und die Polymerschicht wieder entfernt. Die metallischen Mikrostrukturen sind dabei vollständig aus Metall gefertigt und elektrisch nicht gegeneinander isoliert.

## Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren mit den kennzeichnenden Merkmalen des unabhängigen Patentanspruch hat demgegenüber den Vorteil, daß auf einfache Weise metallische Mikrostrukturen gefertigt werden, deren Seitenwände mit einer Isolationsschicht bedeckt sind. Die metallischen Mikrostrukturen können daher mit Spannungen beaufschlagt werden, ohne daß zu befürchten ist, daß bei einer Berührung der metallischen Mikrostrukturen ein Kurzschluß auftritt oder nennenswerte Ströme fließen.

Durch die in den abhängigen Patentansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des Verfahrens nach dem unabhängigen Patentanspruch möglich. Besonders einfach wird die Isolationsschicht zunächst ganz flächig aufgebracht und dann durch einen anisotropen Ätzprozeß strukturiert. Das Verfahren kann auch vorteilhaft auf Siliziumwafern verwendet werden, die bereits Schaltkreise aufweisen. Durch die Anordnung teilweise auf Opferschichten können auch bewegliche metallische Mikrostrukturen geschaffen werden. Durch das Einbringen von weiteren Gräben, die nicht mit einer isolierten Schicht auf der Seitenwand versehen sind, können gezielt metallische Mikrostrukturen geschaffen werden, die teilweise isoliert sind und teilweise nicht isoliert sind. Derartige Mikrostrukturen können für die unterschiedlichsten Zwecke eingesetzt werden.

## Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Fig. 1 bis 5 eine erste Abfolge von Prozessschritten die das erfindungsgemäße Verfahren darstellen und die Fig. 6 eine Variante des ersten Herstellungsverfahrens.

## Beschreibung

In der Fig. 1 wird ein Siliziumsubstrat 1 gezeigt in welchem bereits Halbleiterstrukturen eingebracht sind. Diese Halbleiterstrukturen werden jedoch in der Fig. 1 nicht dargestellt, sondern nur eine oberflächliche Passivierschicht 2 an der an einer Stelle eine Kontaktierung 5 angebracht ist. Durch die Kontaktierung 5 ist es möglich einen elektrischen Kontakt mit den nicht dargestellten elektrischen Schaltkreisen in dem Siliziumsubstrat 1 herzustellen. Die Passivierschicht 2 dient als Schutzschicht für die eingebrachten Halbleiterstrukturen. Auf diese Oberfläche wird dann eine erste Polymerschicht 3, beispielsweise ein Fotolack aufgebracht und strukturiert. Die Dicke der ersten Polymerschicht 3 liegt in der Größenordnung von einigen Mikrometern (typischerweise 5 Mikrometer). Die erste Polymerschicht 3 wird so

strukturiert, daß die Kontaktierung 5 nicht von der Polymerschicht 3 bedeckt ist. In einem weiteren Prozessschritt wird dann eine Galvanik-Startschicht 4 aufgebracht, dabei handelt es sich beispielsweise um eine 300 Nanometer dicke Schicht aus Chrom-Kupfer, wobei das Chrom dazu dient eine gute Haftung zum Untergrund und insbesondere zur Kontaktierung 5 herzustellen. Kupfer eignet sich hervorragend als Galvanik-Startschicht. Der so erreichte Verfahrensschritt wird in der Fig. 1 im Querschnitt dargestellt.

In einem nachfolgenden Schritt wird dann eine dicke zweite Polymerschicht 7 aufgebracht, deren Dicke in der Größenordnung von einigen 10 Mikrometern liegt. Dazu kann beispielsweise eine dicke Fotolackschicht aufgeschleudert werden und bei 200°C ausgehärtet werden. Auf die Oberseite der so aufgetragenen zweiten Polymerschicht wird dann eine Maskierung aufgebracht, die zur Strukturierung der zweiten Polymerschicht 7 dient. Als Maskierung kann beispielsweise zunächst eine dünne Siliziumoxidschicht in der Größenordnung von 600 Nanometern abgeschieden werden, die dann durch einen dünnen Fotolack strukturiert wird. Durch diese Maskierung hindurch wird dann die zweite Polymerschicht 7 strukturiert. Dies erfolgt beispielsweise mittels eines anisotropen Plasma-Ätzprozesses, mit dem sehr steile Gräben 8 in die Polymerschicht 7 eingätzt werden, die bis zur Galvanik-Startschicht 4 reichen. Die so eingätzten Gräben 8 dienen als Form für die im weiteren Verfahren zu erzeugende metallische Mikrostruktur. Bevor jedoch mit der Herstellung der eigentlichen metallischen Mikrostruktur begonnen wird, wird zunächst eine Isolationsschicht 9 auf der gesamten Oberfläche d. h. auf der Oberseite der Polymerschicht 7, an den Seitenwänden der Gräben 8 und auch den im Boden der Gräben 8 freiliegenden Galvanik-Startschicht 4 abgeschieden. Dazu eignet sich beispielsweise ein Plasma-Abscheidungsprozeß wie er aus der Halbleiterherstellung bereits bekannt ist mit dem Siliziumoxid, Siliziumnitrid oder einer Mischung dieser beiden Materialien abgeschieden wird. Weiterhin sind Plasma-Abscheidungsverfahren bekannt, mit denen Metalloxide die ebenfalls Isolatoreigenschaften haben, abgeschieden werden können. All diese Abscheidungsprozesse können für die Erzeugung der Isolationsschicht 9 Verwendung finden. Danach erfolgt ein weiterer Ätzschritt, der eine starke Anisotropie aufweist. Dabei werden Flächen, die parallel zum Substrat 1 orientiert sind, stark geätzt, während Flächen die senkrecht dazu sind im wesentlichen nicht geätzt werden. Dazu eignen sich insbesondere anisotrope Plasma-Ätzprozesse, die aufgrund ihrer Ätzwirkung überwiegend senkrecht zum Substrat, im wesentlichen nur die Flächen ätzen, die parallel zum Substrat ausgerichtet sind. Der Ätzprozeß wird solange weitergeführt bis die Isolationsschicht 9 im Bereich der Böden der Gräben 8 entfernt ist, so daß die Galvanik-Startschicht 4 im Bereich der Böden der Gräben 8 wieder freiliegt. Dabei wird natürlich auch die Isolationsschicht auf der Oberseite der zweiten Polymerschicht 7 entfernt. Der so erreichte Zustand wird in der Fig. 2 dargestellt, in dem die Gräben 8 zu sehen sind, deren Seitenwände mit einer Isolationsschicht 9 versehen sind, während der Boden der Gräben 8 keine Isolationsschicht aufweist.

In einem weiteren Schritt erfolgt dann das galvanische Abscheiden der metallischen Mikrostrukturen. Dies kann beispielsweise durch galvanische Abscheidung von Nickel erfolgen, so daß dann die Gräben 8 mit der metallischen Mikrostruktur 10 aufgefüllt sind. Dies wird in der Fig. 3 im Querschnitt gezeigt. Im Bereich der Kontaktierung 5 wird dabei die metallische Mikrostruktur 10 fest mit dem Substrat 1 verbunden. Die übrigen Bereiche der metallischen Mikrostruktur 10 sind auf der Galvanik-Startschicht 4 und darunterliegenden ersten Polymerschicht 3 angeordnet.

Im nächsten Prozeßschritt wird dann die zweite Polymerschicht 7 entfernt. Diese erfolgt beispielsweise unter Verwendung eines  $O_2/CF_4$ -Plasmas.

Im nächsten Prozeßschritt wird dann die freiliegende Galvanik-Startschicht 4 entfernt. Dies erfolgt beispielsweise durch einen naßchemischen selektiven Ätzschritt, der nur die Galvanik-Startschicht 4 aber nicht die metallischen Mikrostrukturen 10 angreift. Die Galvanik-Startschicht wird dabei nur in den freiliegenden Bereichen entfernt, d. h. unter den metallischen Mikrostrukturen 10 verbleibt die Galvanik-Startschicht 4. In einem nächsten Schritt erfolgt dann eine Ätzung der ersten Polymerschicht beispielsweise unter Verwendung eines  $O_2/CF_4$ -Plasma. Da es sich dabei um einen weitgehend Isotropen-Ätzschritt handelt, wird die erste Polymerschicht 3 auch unterhalb der Mikrostrukturen 10 entfernt. Die so geschaffene Struktur wird in der Fig. 5 gezeigt. Wie zu erkennen ist, weisen die metallischen Mikrostrukturen 10 auf ihrer Unterseite jeweils noch die verbliebene Galvanik-Startschicht 4 auf und die Seitenwände sind jeweils mit Isolationsschichten 9 bedeckt. Im Bereich der Kontaktierung 5 ist die metallische Mikrostruktur 10 mit dem Substrat 1 fest verbunden. An dieser Stelle wird somit ein elektrischer Kontakt der metallischen Mikrostruktur 10 zu den im Substrat 1 angeordneten Schaltkreisen hergestellt. Weiterhin weist die metallische Mikrostruktur 10 Bereiche auf, die nicht fest mit dem Substrat verbunden sind. Derartige Bereiche können daher relativ zum Substrat 1 beweglich sein und dienen als Beschleunigungssensoren oder dergleichen.

Die so gebildete metallische Mikrostruktur hat den Vorteil, daß sie obwohl sie komplett aus Metall besteht isolierte Seitenwände aufweist. Da derartige Mikrostrukturen oft mit elektrischen Spannungen beaufschlagt werden und aufgrund ihrer Beweglichkeit es zu einem unmittelbaren Kontakt der Mikrostrukturen untereinander kommen kann, können so Kurzschlüsse auftreten. Dabei können sehr hohe Stromdichten im Kontaktbereich fließen, die zu Beschädigungen der Mikrostrukturen führen können oder aber die mit den Mikrostrukturen verbundenen elektrischen Schaltkreise können geschädigt werden. Die erfindungsgemäßen metallischen Mikrostrukturen vermeiden diese Nachteile, da die Mikrostrukturen seitlich gegeneinander isoliert sind. Zudem können ohmschgetrennte Metallstrukturen hergestellt werden, wie sie für den Aufbau von Relais benötigt werden.

In der Fig. 6 wird eine Variation des Verfahrens dargestellt, die ausgeht von einem Bearbeitungsstand wie er in der Fig. 2 dargestellt ist. Ausgehend von der Fig. 2 erfolgt ein weiterer Strukturierungsschritt mit dem ein weiterer Graben 18 in die zweite Polymerschicht 7 eingebracht wird. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, indem eine weitere Maskierungsschicht auf der Oberseite der zweiten Polymerschicht 7 aufgebracht wird, die dann zur Strukturierung des weiteren Grabens 18 dient. Alternativ ist es auch möglich von vornherein eine zweischichtige Maskierung vorzusehen, die beispielsweise aus einer unterschiedlich dicken Siliziumoxidschicht oder eine Doppelschicht aus Siliziumoxid und Siliziumnitrid aufgebaut ist. In einem ersten Schritt werden dann nur die Maskieröffnungen freigelegt, die zum Ätzen der Gräben 8 erforderlich sind und nachdem die Isolierschicht 9 auf den Seitenwänden ausgebildet wurde wird in einem weiteren Schritt die Maskenöffnung für den weiteren Graben 18 freigelegt und dann der Graben 18 eingeätzt. Nach dem Einätzen des weiteren Grabens 18 wird dann wieder die Maskierschicht vollständig entfernt, wie dies in der Fig. 6 gezeigt ist.

1. Verfahren zur Herstellung metallischer Mikrostrukturen (10) bei dem in einer Polymerschicht (7) Gräben (8) für die metallischen Mikrostrukturen (10) erzeugt werden und mittels eines galvanischen Abscheidungs-schrittes mit der metallischen Mikrostruktur (10) aufgefüllt werden und in einem nachfolgenden Schritt die Polymerschicht (7) entfernt wird, **dadurch gekennzeichnet**, daß vor dem galvanischen Abscheiden auf Seitenwänden der Gräben (8) Isolationsschichten (9) erzeugt werden, die nach dem Entfernen der Polymerschicht (7) auf den entsprechenden Seitenwänden der metallischen Mikrostrukturen (10) verbleiben.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Einbringen der Gräben (8) in der Polymerschicht (7) zunächst eine ganzflächige Isolationsschicht (9) erzeugt wird, die dann zumindest im Bereich des Bodens der Gräben (8) durch einen anisotropen Plasma- oder Ionen-Ätzprozeß wieder entfernt wird.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Polymerschicht (7) eine Galvanik-Startschicht (4) angeordnet ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß unter der Galvanik-Startschicht (4) unter einem Teil der Gräben eine Opferschicht (3) und unter einem anderen Bereich der Gräben (8) eine Kontaktierung (5) angeordnet ist.
5. Verfahren nach Anspruch (4), dadurch gekennzeichnet, daß die Kontaktierung (5) auf einem Halbleitersubstrat (1) angeordnet ist und zur Kontaktierung von Halbleiterschaltungen dient, die im Substrat 1 angeordnet sind.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß als Isolationsschicht (9) eine Siliziumoxidschicht oder eine Siliziumnitridschicht oder eine Kombination aus Siliziumoxid und Siliziumnitrid mittels eines Plasma-Abscheidungsverfahrens abgeschieden wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß nach dem Erzeugen der Gräben (8) mit Seitenwänden, die mit einer Isolationsschicht (9) bedeckt sind weitere Gräben (18) in die Polymerschicht (7) eingebracht werden, und daß diese weiteren Gräben ebenfalls mit einer metallischen Mikrostruktur 10 aufgefüllt werden.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Einbringen der Gräben (8) und weiteren Gräben (18) durch einen Plasmaätzprozeß der Polymerschicht (7) erfolgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -

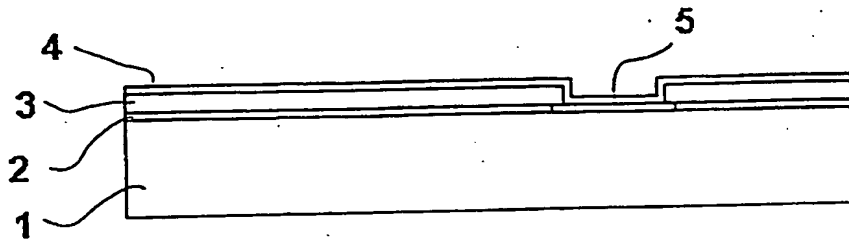


Fig. 1

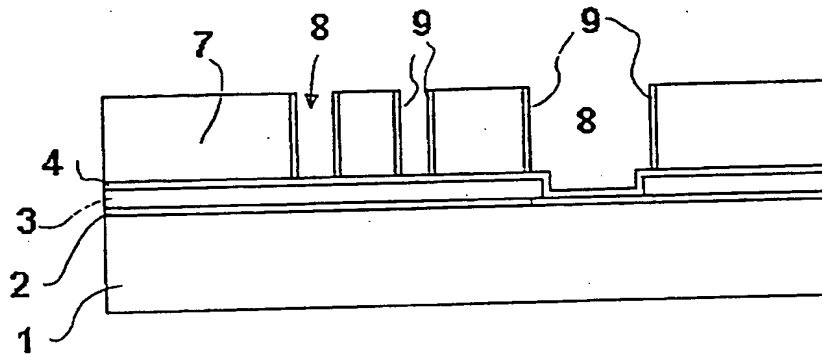


Fig. 2

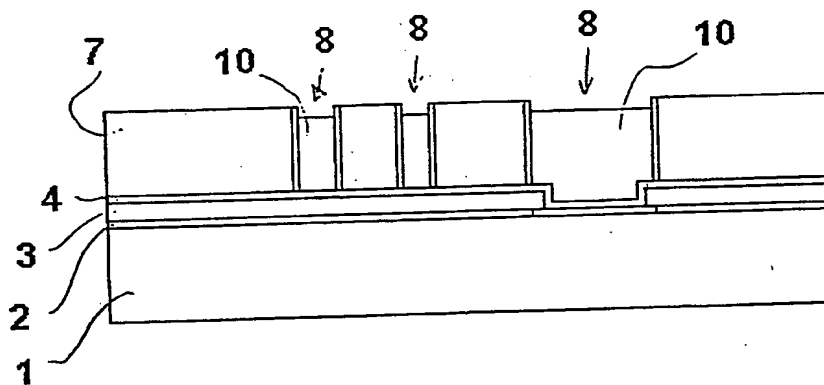


Fig. 3

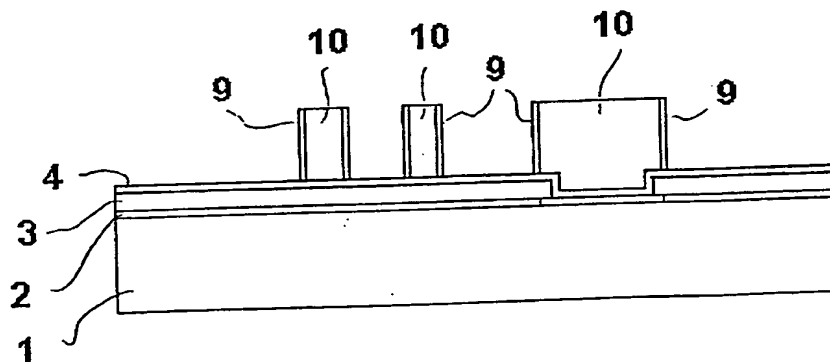


Fig. 4

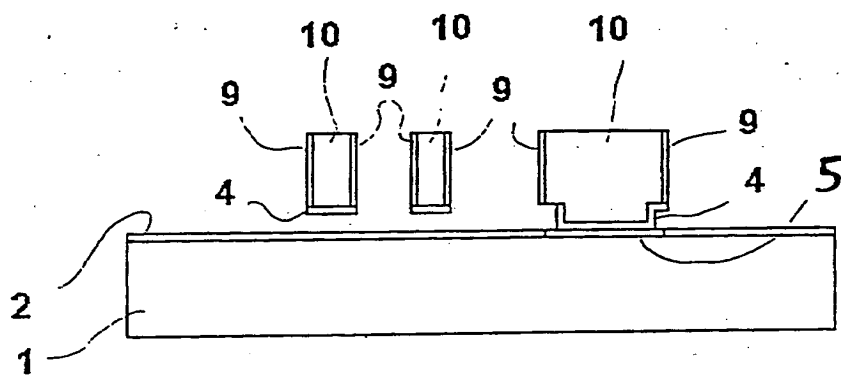


Fig. 5

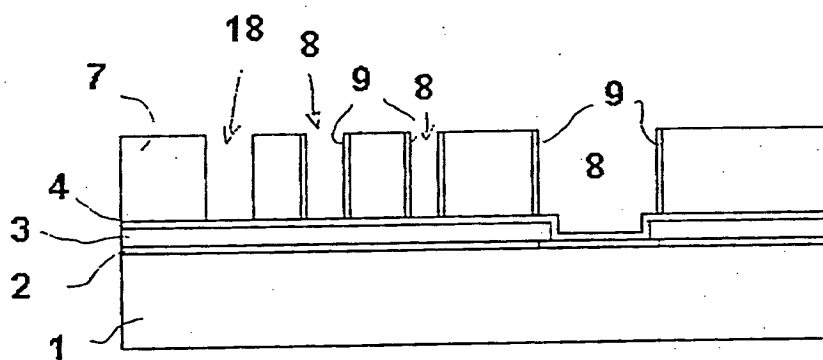


Fig. 6